



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



⑪ Veröffentlichungsnummer : **0 565 485 A1**

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑳ Anmeldenummer : 93810210.0

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: **G01F 1/36, G01F 1/50,  
G01F 1/42**

㉔ Anmeldetag : 24.03.93

③① Priorität : 08.04.92 CH 1143/92

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
13.10.93 Patentblatt 93/41

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :  
CH DE FR GB IT LI NL

⑦① Anmelder : **EMILE EGGER & CO. AG**  
Route de Neuchâtel 36  
CH-2088 Cressier (CH)

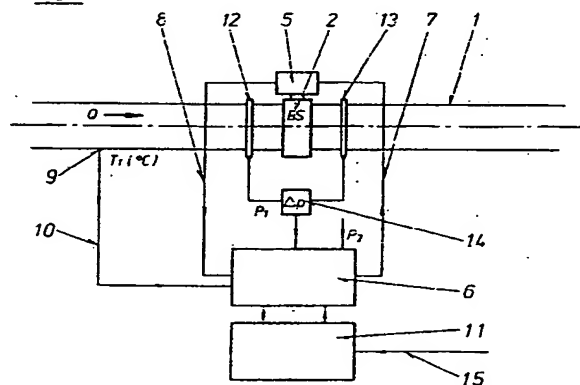
⑦② Erfinder : **Grimm, Michel**  
Ch. des Perrières 24  
CH-2072 St-Blaise (CH)

⑦④ Vertreter : **AMMANN PATENTANWÄLTE AG**  
BERN  
Schwarztörstrasse 31  
CH-3001 Bern (CH)

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zum Messen der Durchflussmenge eines Mediums und Anwendung des Verfahrens.

⑤⑦ In eine Rohrleitung bzw. einen Kanal (1) ist ein Blendenschieber (2) eingesetzt, welcher mittels eines Antriebs (5) verstellt werden kann. Mittels Sonden (12, 13) wird der Druckabfall ( $\Delta p$ ) des durchströmenden Mediums erfasst und einem Rechner (6) zugeführt. Dieser Rechner berechnet die Durchflussmenge (Q) anhand des Druckabfalls ( $\Delta p$ ) und eines vorgegebenen  $K_v$ -Wertes der für den eingesetzten Blendenschieber kennzeichnend ist. Am Blendenschieber herrschen besonders stabile und günstige Strömungsverhältnisse, was eine Ermittlung der Durchflussmenge auf rein rechnerischem Wege erlaubt.

Fig. 1



EP 0 565 485 A1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen der Durchflussmenge eines Mediums, wobei der Druckabfall im strömenden Medium an einem regelbaren Drosselorgan erfasst und aus der Stellung des Drosselorgans und dem Druckabfall auf die Durchflussmenge geschlossen wird. Solche Verfahren bzw. Vorrichtungen sind beispielsweise bekannt aus den EP-A-61 856 und 335 040. In beiden Fällen sind in einem Kanal schwenkbare Drosselklappen vorgesehen. Es zeigt sich jedoch, dass die Strömung an derartigen Drosselklappen zu Instabilität neigt, was die Messgenauigkeit in Frage stellt, und ausserdem ist die Charakteristik solcher und ähnlicher Drosselorgane ungünstig. Das bedeutet, dass der Zusammenhang zwischen der Stellung des Drosselorgans und dem Druckabfall an diesem Drosselorgan für eine bestimmte Durchflussmenge insofern ungünstig ist, als eine einigermaßen zuverlässige Durchflussmessung nur so möglich wird, dass für jede Stellung des Drosselorgans ein Referenzwert abgespeichert werden muss, mittels welches für diese Stellung des Drosselorgans die Durchflussmenge aus dem Druckabfall am Drosselorgan berechnet werden kann. Dies bedingt einen erheblichen Aufwand, nicht nur an Speicherkapazität, sondern auch zur Ermittlung und Eingabe der Referenzwerte für unterschiedlich dimensionierte Durchflusskanäle bzw. Drosselklappen. Zur Messung des Durchflusses verunreinigter Medien sind Drosselklappen praktisch ungeeignet.

Es ist zwar aus der GB-A-2 207 767 auch bekannt, einen Blendschieber mit mehreckiger, zentralsymmetrischer Öffnung zu verwenden, aber die Durchflussmenge wird anhand von Eichwerten bestimmt, was mit einem erheblichen Aufwand verbunden ist, besonders wenn Durchflussmengen an Blendschiebern unterschiedlicher Abmessungen zu messen sind.

Aus der DE-A-37 38 925 ist es auch bekannt, den Durchfluss durch einen Segment-Blendschieber laufend zu berechnen. Die Berechnungsformel ist jedoch sehr kompliziert, was einen entsprechend aufwendigen Rechner erfordert. Im übrigen herrschen nur bis zu einer Blendenöffnung von etwa 35 % stabile Verhältnisse, die eine korrekte rechnerische Erfassung erlauben, und zudem gilt die Berechnungsformel nur für eine bestimmte Geschwindigkeit bzw. Reynold'sche Zahl.

Ziel vorliegender Erfindung ist es, über einen grossen Regelbereich bei ausgezeichneter Stabilität nach einer einfachen, genügend genauen Näherungsberechnung die Durchflussmenge zu erfassen, und dies insbesondere auch bei sehr kleinen Blendenöffnungen. Es wird damit möglich, eine genügende Messgenauigkeit auf rein rechnerischem Wege zu erzielen, ohne dass die Abspeicherung einer grossen Zahl von Eichwerten erforderlich wäre. Der Blendschieber mit zentralsymmetrischer mehreckiger Öffnung ist ganz besonders auch geeignet zur Messung des Durchflusses verunreinigter, feststoffhaltiger Medien. Die erwähnten günstigen Charakteristiken gelten dabei sowohl für Flüssigkeiten als auch für Gase.

Die Erfindung betrifft auch eine Messvorrichtung gemäss Anspruch 5 sowie eine Anwendung des Messverfahrens gemäss Ansprüchen 7 und 8.

Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemässe Messvorrichtung.

Fig. 2 und 3 zeigen Ausführungsbeispiele des Profils von Segmenten bzw. Öffnungen des Blendschiebers,

Fig. 4 zeigt eine Messkurve für einen bestimmten Blendschieber, und

Fig. 5 zeigt für den selben Blendschieber den  $K_v$ -Wert in Funktion der Blendenöffnung.

Die in Fig. 1 dargestellte Messvorrichtung dient der Messung und Regelung der Durchflussmenge eines Gases oder einer Flüssigkeit durch eine Rohrleitung 1. In diese Rohrleitung ist ein Blendschieber 2 eingebaut. Es kann sich hierbei um einen Blendschieber gemäss CH-A-369 943 oder aber gemäss Prospekt "Blenden-Regulierschieber" der Anmelderin handeln. Diese Blendschieber sind üblicherweise mit 6 aufeinander verschiebbaren Blendenelementen 3 bzw. 3' gemäss Fig. 2 oder 3 versehen, die eine sechseckige Blendenöffnung 4 bzw. 4' gemäss Fig. 2 und 3 definieren. Bei der Verstellung des Blendschiebers gleiten die Kanten der Elemente 3 bzw. 3' aufeinander, was einen erwünschten Reinigungseffekt ergibt. Im übrigen ist eine kontinuierliche Regelung von einer maximalen Blendenöffnung bis zum praktisch völligen Abschluss möglich. In den Fig. 2 und 3 sind Angaben eingetragen, wie die Blendenelemente bemessen sein können. Gemäss Fig. 2 weisen Blendenelemente mit einer Dicke von 8 mm an den die Blendenöffnung 4 definierenden Kanten eine zylindrische Fläche mit einem Radius von 4,25 mm auf. Die Blendenelemente 3' gemäss Fig. 3 weisen eine relativ scharfe Kante auf der in Strömungsrichtung vorderen Seite auf, an welche sich eine schräge Fläche anschliesst, die um 45° geneigt ist.

Der Blendschieber 2 ist mit einem Antrieb 5 verbunden, welcher von einem Rechen- und Steuergerät 6 über eine Leitung 7 gesteuert werden kann. Im Antrieb 5 ist ein Stellungsgeber vorgesehen, welcher über eine Leitung 8 ein Stellungssignal an den Rechner 6 übermittelt. In Strömungsrichtung des Mediums vor dem Blendschieber 2 ist ein Temperaturmessfühler 9 angeordnet, welcher über eine Leitung 10 dem Rechner 6 und einer Anzeige 11 ein Signal zuführt, welches der Temperatur des Mediums entspricht. Dieser Temperaturfühler wird im allgemeinen nur angeordnet, wenn es um die Messung der Durchflussmenge eines Gases geht. Beidseitig des Blendschiebers 2 sind Drucksensoren 12 bzw. 13 angeordnet, die über eine Messschaltung 14

dem Rechner 6 ein Signal zuführen, welches der Druckdifferenz des Mediums vor und nach dem Blendenschieber entspricht. Ueber eine Leitung 15 kann der Anzeige 11 und dem Rechner 6 ein Sollwertsignal zugeführt werden.

Es ist an sich einleuchtend, dass die Durchflussmenge  $Q$  einerseits vom Druckabfall am Blendenschieber und andererseits von der Stellung des Blendenschiebers bzw. dessen Öffnung abhängt. Der Rechner 6 muss daher im Stande sein, aus den die Blendenstellung und den Druckabfall kennzeichnenden Signalen die Durchflussmenge zu berechnen und auf der Anzeige 11 anzuzeigen, wo zugleich auch die Temperatur, der Sollwert und eventuell auch weitere Werte, insbesondere die Blendenstellung und der Druckabfall an der Blende, angezeigt werden können.

Wie schon erwähnt, sind die Charakteristiken des Blendenschiebers besonders günstig und stabil für alle Blendenstellungen von der geschlossenen bis zur voll geöffneten Stellung. Fig. 5 zeigt für einen bestimmten Blendenschieber mit einer Stutzenweite von 150 mm den Verlauf des  $K_v$ -Wertes in Funktion der prozentualen Blendenöffnung. Dieser Wert ist eine massgebende Grösse zur Berechnung der Durchflussmenge in Funktion des Druckabfalls am Blendenschieber. Für eine Flüssigkeit kann die Durchflussmenge gemäss Formel 1 berechnet werden:

$$Q_w = K_v \cdot \sqrt{\Delta p} \text{ m}^3/\text{h} \quad (1)$$

Für Luft kann die Durchströmungsmenge nach folgender Formel berechnet werden:

$$Q_l = 514 \cdot K_v \cdot \sqrt{\frac{\Delta p \cdot p_2}{\rho_{h0} \cdot T_1}} \text{ m}^3/\text{h} \quad (2)$$

(gilt für  $p_2 \geq p_1/2$ )  
worin

$\Delta p$  = Druckabfall am Blendenschieber,  
 $p_2$  = Druck nach dem Blendenschieber,  
 $\rho_{h0}$  = Dichte des Gases, und  
 $T_1$  = Temperatur vor dem Blendenschieber in °C.

Es hat sich nun gezeigt, dass unter den gegebenen Bedingungen der  $K_v$ -Wert in allen Fällen approximativ mit einem geringen Fehler berechnet werden kann, nach der Formel:

$$K_v = \frac{\text{Öffnung}\%}{A \cdot (1 - B \cdot \text{Öffnung}\%)} \text{ m}^3/\text{h}$$

Fig. 4 zeigt das Ergebnis von Messungen an einem Blendenschieber gemäss Fig. 2 mit sechseckiger Öffnung mit einer Stutzenweite von 150 mm. Die Drucksensoren 12 und 13 liegen in einem Abstand von 150 mm von der Blendenebene und beidseitig der Blende ist eine Beruhigungsstrecke ohne Krümmung oder Querschnittsveränderung von  $3D = 450$  mm vorgesehen. Fig. 4 zeigt, dass die Messpunkte mit einer gewissen Streuung längs einer Geraden liegen, welche durch die allgemeine Gleichung  $X = A \times (1 - B \cdot 0\%)$  definiert werden kann, worin A und B Konstanten und 0 die Öffnung des Blendenschiebers in % ist. Für die Fig. 4 dargestellten und oben angegebenen Verhältnisse ergeben sich folgende Werte für die Faktoren A und B:

$A = 0,125$

$B = 0,0078$

Diese Werte können nun für jeden bestimmten eingesetzten Blendenschieber dem Rechner 6 eingegeben werden, und gestützt lediglich auf diese Werte, kann der Rechner aus den erfassten Grössen  $p_1$ ,  $p_2$  und  $T_1$  nach den Formeln 1) bzw. 2) den Durchfluss bestimmen. Im übrigen muss der Rechner lediglich so vorbereitet werden, dass er die Berechnung entweder nach der Formel 1) oder nach der Formel 2) vornimmt, je nach dem, ob der Durchfluss einer Flüssigkeit oder eines Gases zu erfassen ist. Bei der Messung der Durchflussmenge einer Flüssigkeit wird im übrigen normalerweise kein Temperaturfühler 9 vorgesehen und der Rechner empfängt daher kein Temperatursignal. Es wäre daher auch möglich, dass der Rechner automatisch den Durchfluss einer Flüssigkeit berechnet, wenn er kein Temperatursignal empfängt und umgekehrt, die Durchflussmenge eines Gases gemäss Formel 2) berechnet, wenn er ein Temperatursignal empfängt. Im übrigen kann der Rechner zugleich der Regelung einer Durchflussmenge dienen, indem er den Blendenschieber auf den eingegebenen Sollwert regelt.

Die oben erwähnte Formel zur Berechnung des  $K_v$ -Wertes mit dem linearen Zusammenhang im Nenner stellt eine im allgemeinen genügende Näherung für eine Messung auf wenige Prozente genau dar. Wenn höhere Genauigkeit verlangt wird, kann es erforderlich sein, ausser dem linearen Glied  $B \cdot \text{Öffnung}\%$  noch ein quadratisches und eventuell ein kubisches Glied zu berücksichtigen, so dass nach einer Formel

$$K_v = \frac{\text{Öffnung}\%}{A \cdot (1 - B \cdot \text{Öffnung}\% - C \cdot \text{Öffnung}\%^2 - D \cdot \text{Öffnung}\%^3)}$$

berechnet würde.

Weitere besondere Vorteile des Blendenschiebers bei der Messung und eventuellen Regelung des Durchflusses sind oben erwähnt worden. Der Rechner 6 kann insbesondere so gestaltet sein, dass er bei einem über-

mässig schnellen Anstieg des Druckabfalls  $\Delta p$  ohne entsprechende Verstellung des Blendenschiebers den Blendenschieber kurzfristig öffnet und wieder schliesst. Der Druckanstieg dürfte nämlich in diesem Falle von einer Verstopfung herrühren, welche durch das vorübergehende Öffnen des Blendenschiebers beseitigt werden kann.

Eine besonders interessante Anwendung des gemäss der Erfindung geregelten Blendenschiebers ergibt sich bei der Belüftung des Belebungsbeckens einer Kläranlage, in welchem der Sauerstoffgehalt auf einen bestimmten Wert zu regeln ist. Zu diesem Zweck wird dem Rechner 6 ein Sollwert vorgegeben, der mit dem ständig ermittelten Istwert verglichen wird und gemäss dem Vergleich wird der Blendenschieber geregelt, um die zugeführte Belüftungsmenge zu drosseln oder zu erhöhen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen der Durchflussmenge (Q) eines Mediums, wobei der Druckabfall ( $\Delta p$ ) im strömenden Medium an einem regelbaren Drosselorgan (2) erfasst und aus der Stellung des Drosselorgans (2) und dem Druckabfall auf die Durchflussmenge geschlossen wird, dadurch gekennzeichnet, dass als Drosselorgan ein Blendenschieber (2) mit einer zentralsymmetrischen, mehreckigen Öffnung verwendet wird, und dass in Abhängigkeit der Stellung des Blendenschiebers (2) dessen  $K_v$ -Wert berechnet und aus diesem  $K_v$ -Wert und dem Druckabfall ( $\Delta p = p_1 - p_2$ ) die Durchflussmenge (Q) berechnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der  $K_v$ -Wert näherungsweise gemäss der Formel
 
$$K_v = \frac{\text{Öffnung \%}}{A \cdot (1 - B \cdot \text{Öffnung \%})} \text{ m}^3/\text{h}$$
 berechnet wird, wobei A und B von den Abmessungen des Blendenschiebers (2) abhängige Werte sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Blendenschieber (2) auf eine dem Rechner (6) eingegebene Sollstellung geregelt wird.
4. Messverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem bestimmten Grenzgesehwindigkeit überschreitenden Anstieg des Druckabfalles ( $\Delta p$ ) der Blendenschieber (2) vorübergehend geöffnet wird.
5. Messvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Blendenschieber (2) mit einer zentralsymmetrischen, mehreckigen Öffnung, Messsonden (12, 13) zur Ermittlung des Druckes vor und nach dem Blendenschieber, einen Geber (5) zur Ermittlung der Stellung des Blendenschiebers (2) und einem Rechner (6) zur Berechnung der Durchflussmenge aus den Signalen des Stellungsgebers (5) und der Messsonden (12, 13) aus einem berechneten  $K_v$ -Wert.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine Temperatursonde (9) zur Ermittlung der Temperatur (T1) eines Gases vor dem Blendenschieber (2).
7. Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellung des Blendenschiebers (2) auf einen Sollwert geregelt wird, um den Durchfluss auf einen Sollwert zu regeln.
8. Anwendung nach Anspruch 7 zur Belüftung eines Belebungsbeckens, dadurch gekennzeichnet, dass der Sauerstoffgehalt im Becken ermittelt und die zugeführte Luftmenge über den Blendenschieber zur Regelung des Sauerstoffgehaltes geregelt wird.

*Fig. 1*

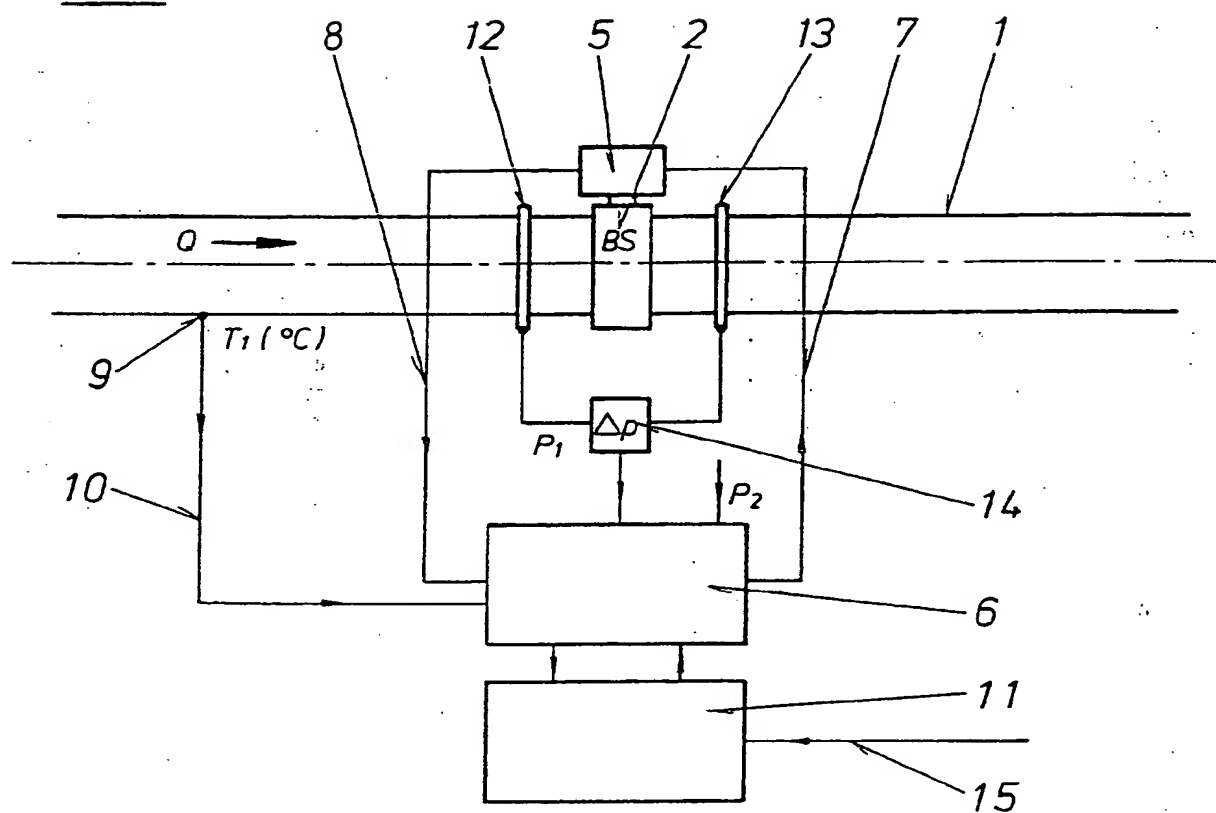


Fig. 2

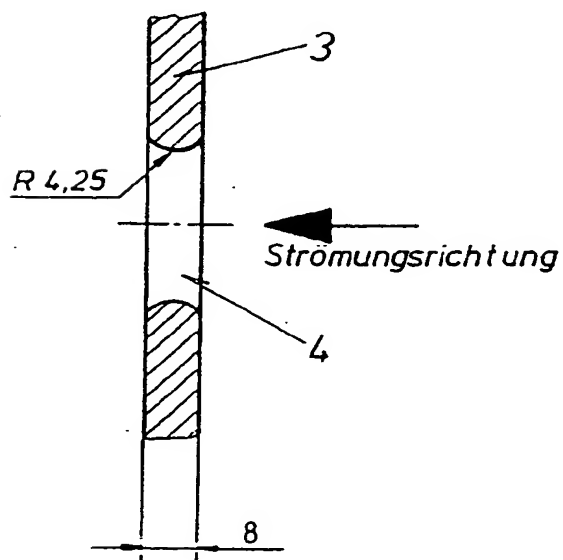


Fig. 3

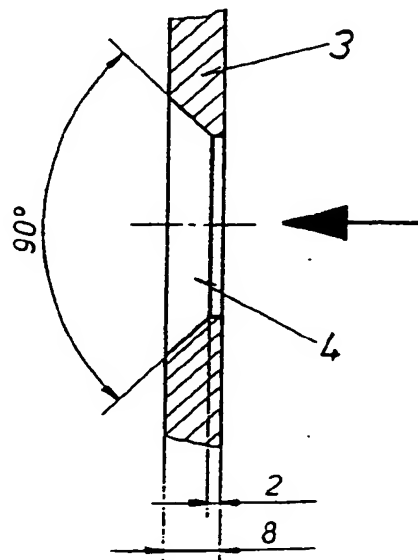


Fig. 4

$$X = \frac{O(\%)}{K_v (m^3/h)}$$

$$X = A \cdot [1 - B \cdot O(\%)]$$

$$A = 0,125 \quad B = 0,0078$$

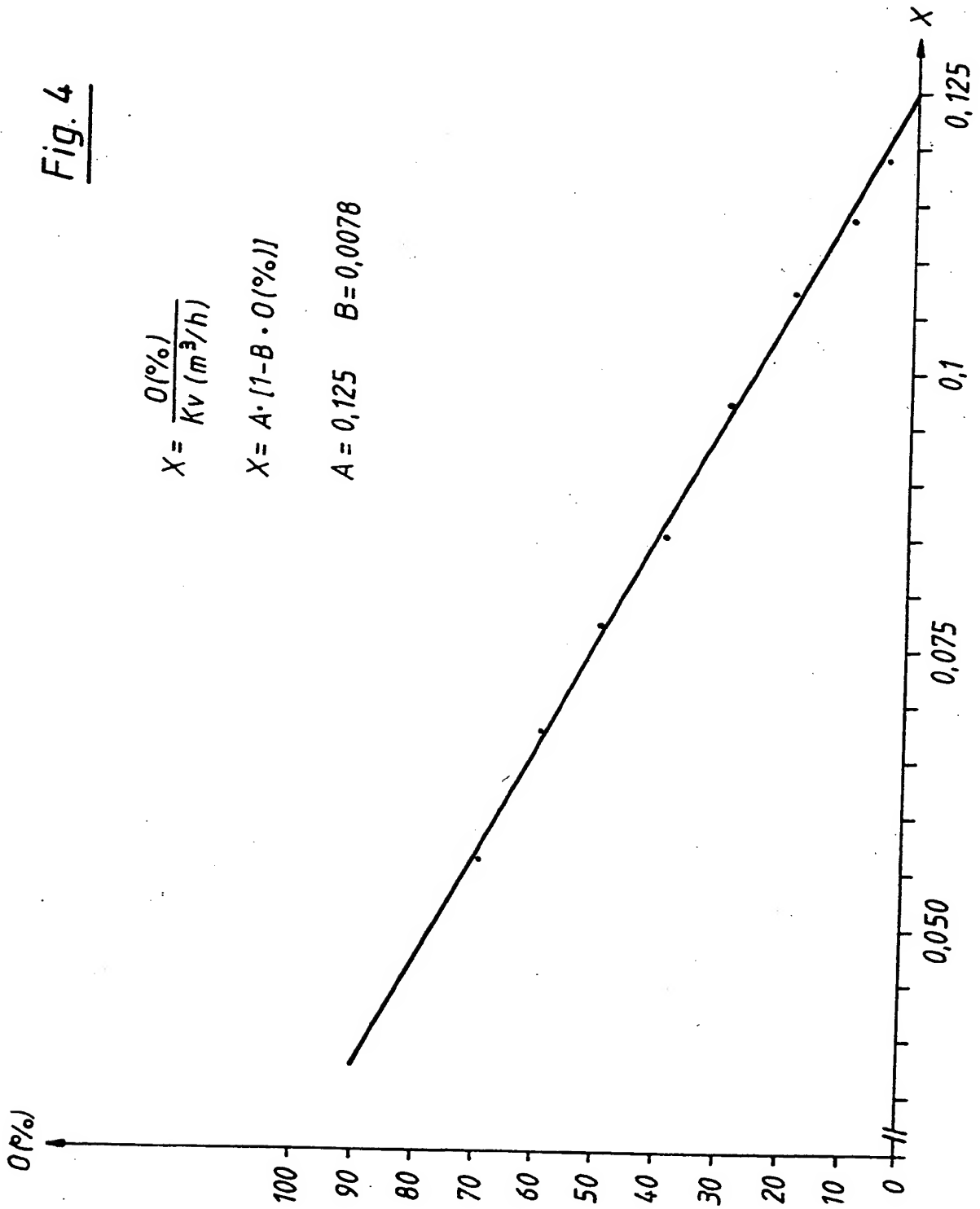
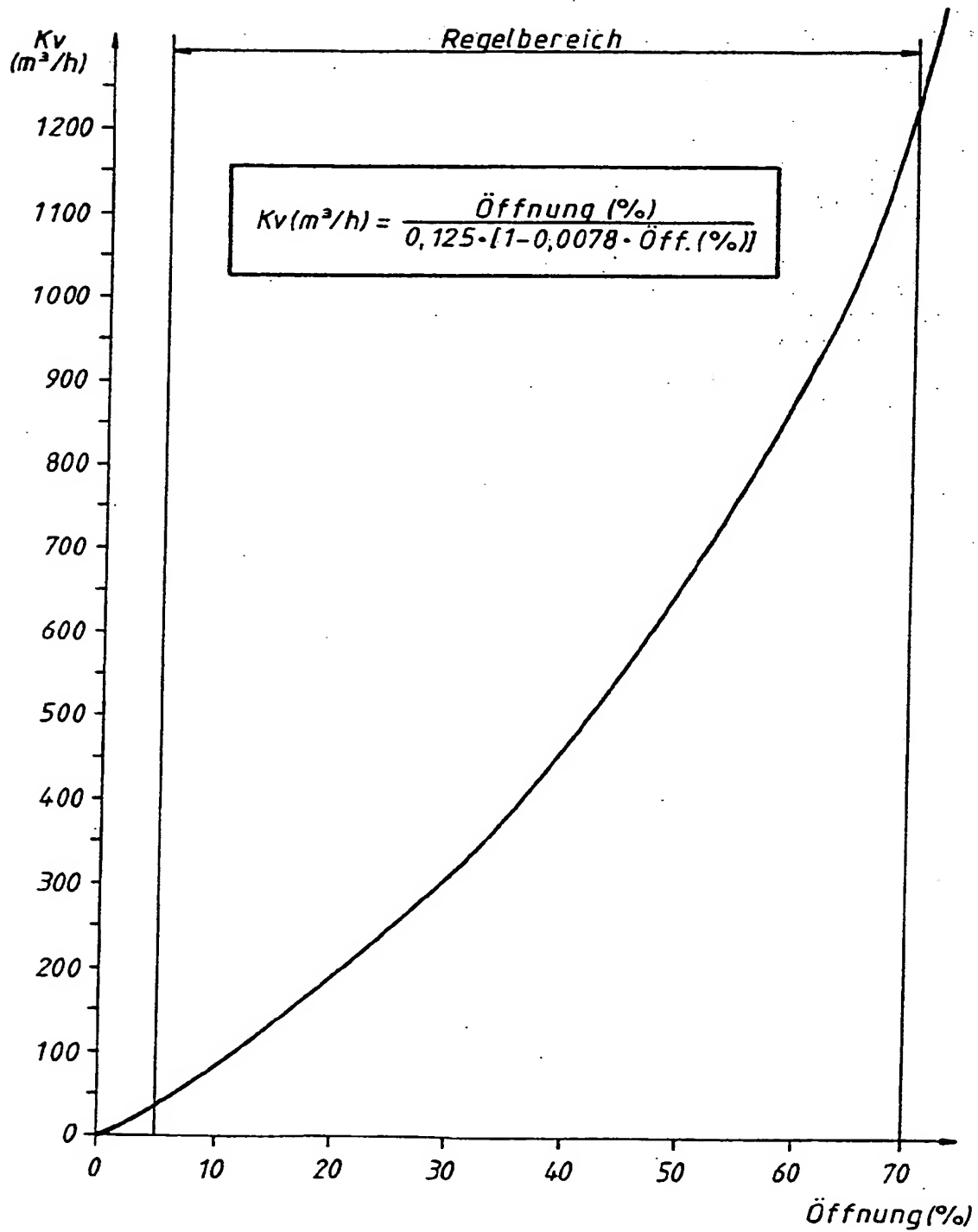


Fig.5



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93 81 0210

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE   |  |  |   |
|--|--|--|---|
| Kategorie  | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile  | Betrifft Anspruch                                    | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)          |
| D,Y  | DE-A-3 738 925 (WALDHEIM)<br>* das ganze Dokument *  | 1,2,4,6,7  | G01F1/36<br>G01F1/50<br>G01F1/42                  |
| Y  | SIEMENS ZEITSCHRIFT<br>Bd. 40, Nr. 3, März 1966, ERLANGEN DE<br>Seiten 178 - 183<br>H.CALAME 'Durchflussmessung und -regelung bei extrem grossen Bereichen mit Segmentblendenschieber'<br>* Seite 178, Absatz 1 - Seite 179, Absatz 3; Abbildungen 1-3 * | 1,6  |   |
| Y  | EP-A-0 086 259 (HAMILTON BONADUZ)<br>* Seite 5, Zeile 4 - Seite 7, Zeile 17; Abbildungen 1-3 *   | 1,2,4,6  |   |
| Y  | GB-A-2 026 704 (ALSTHOM-ATLANTIQUE)<br>* das ganze Dokument *  | 1,4,6  |   |
| D,Y  | GB-A-2 207 767 (ELF AQUITAINE)<br>* das ganze Dokument *   | 1,2,4,6,7  | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)<br><br>G01F |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt  |  |  |   |
| Recherchemort<br><b>DEN HAAG</b>   |  | Abschlußdatum der Recherche<br><b>12 AUGUST 1993</b> |   |
|  |  | Prüfer<br><b>PFLUGFELDER G.F.</b>                    |   |
| <b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b><br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur<br>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>I : aus andern Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |  |  |   |

EPO FORM 1503 03.82 (P4001)